Diversité et propriétés des principales armes chimiques utilisées lors de la Première Guerre mondiale

F. Gros-Désormeaux

Résumé

La Première Guerre mondiale fut le théâtre de la première utilisation d'armes chimiques avec une visée de destruction de masse. Auparavant, les belligérants utilisaient des lacrymogènes pour le maintien de l'ordre. Les Allemands, malgré la signature de la convention de La Haye en 1899, mirent en œuvre la première arme chimique à visée de destruction de masse, le chlore, en Belgique près d'Ypres en 1915. Il s'ensuivit une course dans le développement, d'une part d'armes chimiques de plus en plus destructrices telles que le phosgène et l'ypérite et d'autre part d'équipements de protection de plus en plus performants. Ainsi, une grande diversité d'armes chimiques a été utilisée lors du premier conflit mondial. Ces armes à fort impact psychologique se sont surtout révélées être des moyens de harcèlement et d'usure de l'ennemi. Cet article s'attache à présenter la diversité et les propriétés des principales armes chimiques utilisées lors de la Première Guerre mondiale. Bien que de nombreuses associations entre ces divers composés aient été réalisées, cet article présentera les agents de façon indépendante.

Mots-clés : Armes chimiques. Lacrymogènes. Première Guerre mondiale. Suffocants. Vésicants.

Abstract

DIVERSITY AND MAIN PROPERTIES OF THE CHEMICAL WEAPONS USED DURING WORLD WAR I.

The 'Great War' was when chemical warfare agents were first used for mass destruction. Previously, the belligerents would use tear gas (lachrymators), or chemical agents for riot control. The Germans used the first chemical weapon of mass destruction, chlorine, in 1915 near Ieper (Belgium), despite the signature of the Hague Convention in 1899. Then followed a race to develop even more destructive chemical weapons, such as phosgene and sulphur mustard, and more effective protective equipment. Many different toxic compounds were used during the Great War. These weapons with a high psychological impact have mostly proved to be means of harassment and attrition of the enemy. This article will focus on the diversity and the properties of the main chemical warfare agents used during the Great War. Although many associations between these various compounds have been used, this article will present these agents independently.

Keywords : Chemical weapons. Lachrymators. First World War. Lung damaging agents. Vesicants.

Introduction

Dès octobre 1914, le front occidental étant stabilisé, les Allemands ont cherché un moyen de réaliser une percée. Malgré la convention de La Haye de 1899 interdisant l'emploi de gaz asphyxiants ou délétères et dont l'Allemagne était signataire, le chimiste allemand Fritz Jacob Haber propose de diffuser un gaz suffocant, le dichlore (ou Bertholite selon l'appellation française historique) (1). Celui-ci étant plus dense que l'air (d = 2,5), des nappes dérivantes peuvent être poussées par le vent jusqu'aux lignes ennemies. Cette première attaque par toxique chimique a été le début d'une escalade dans le développement d'armes chimiques. De très nombreux composés ont ainsi été synthétisés et utilisés entre 1915 et 1918.

Ces composés chimiques peuvent être classés en deux catégories selon les effets recherchés : les agents létaux et les agents incapacitants. Parmi les agents létaux se trouvent les suffocants, les vésicants et les toxiques généraux, tandis que les irritants lacrymogènes et les irritants sternutatoires appartiennent à la catégorie des agents incapacitants.

F. GROS-DÉSORMEAUX, pharmacien des armées.
Correspondance : Madame le pharmacien des armées F. GROS-DÉSORMEAUX, Institut de recherche biomédicale des armées, département de Toxicologie et risques chimiques, BP 73 – 91223 Brétigny-Sur-Orge Cedex.
E-mail : fanny.grosdesormeaux@intradef.gouv.fr

Les agents létaux

Les suffocants *(voir Renard, et al. dans ce numéro)*

Chlore, dichlore ou bertholite Cl_2

Le dichlore a été découvert en 1774 par Carl Wilhelm Scheele mais ce n'est qu'en 1810 que Humphry Davy

lui attribue le nom de chlore. Ce composé est très réactif et possède une forte capacité d'oxydation.

L'attaque au dichlore du 22 avril 1915 à Langemarck près de Ypres en Belgique a surpris les troupes alliées, puisque cela était la première utilisation d'un agent chimique létal (voir Delacour et al. dans ce numéro). L'effet toxique du dichlore (asphyxie, irritation des yeux et des voies respiratoires principalement) a été immédiat (1, 2). La cause principale de létalité au dichlore est l'œdème pulmonaire secondaire (3). En effet, le dichlore est un agent suffocant entraînant une sensation de brûlure au niveau de la gorge, une toux spasmodique et suffocante ainsi que d'épaisses mucosités hémoptoïques. Celles-ci participent au phénomène de suffocation puisque l'organisme tente vainement de les expulser. De plus, les cordes vocales sont atteintes ce qui empêche l'intoxiqué de communiquer. Les lésions au chlore sont souvent profondes et laissent des séquelles même après guérison (4, 5).

Des moyens de protection d'abord très rudimentaires, tels que des chiffons imprégnés d'urine, recouvrant les voies respiratoires ont été utilisés rapidement sur le champ de bataille. Ces chiffons ont très vite été remplacés par des tampons contenant une solution d'hyposulfite et de carbonate de soude rendant ainsi le dichlore inefficace (1, 2). Le dichlore a donc été remplacé au profit d'autres composés passant à travers les premiers masques de protection développés.

Phosgène $COCl_2$

Après le dichlore, le phosgène (synthétisé pour la première fois en 1812 par John Davy) a été utilisé par les Allemands en 1915 (6, 7) mais les Français ont été les premiers à charger le phosgène dans des obus en 1916 (5).

Le phosgène est un agent plus pernicieux que le dichlore en raison d'une période d'apparente rémission allant de 6 à 10 h après la première phase symptomatique, puis l'œdème pulmonaire est déclaré. Lors des intoxications à faibles doses, la première phase de l'intoxication peut être asymptomatique, les symptômes n'apparaissant qu'après une latence pouvant aller jusqu'à plusieurs jours (5, 8, 9). De plus, le phosgène étant incolore et moins odorant que le dichlore, les soldats mettent plus de temps à se rendre compte de leur intoxication.

À noter que des mélanges dichlore-phosgène ont également été utilisés lors de la Première Guerre mondiale (10).

Chloropicrine CNO_2Cl_3

Les Russes ont été les premiers à utiliser ce composé en 1916 sous forme de mélange avec du chlorure de sulfuryle ou du chlore. La chloropicrine est un dérivé du chloroforme très volatil, persistant et lacrymogène. Les symptômes d'une intoxication à la chloropicrine sont proches de ceux du phosgène, à la différence que de nombreux vomissements ainsi qu'une méthémoglobinémie sont associés (5).

La chloropicrine est lipophile, contrairement au phosgène et au dichlore, ce qui lui permet de pénétrer dans l'organisme par d'autres voies que la voie respiratoire, telle que la voie percutanée (5, 11). De plus, elle possède l'avantage de passer à travers les masques de l'époque fabriqués à l'aide de tampons imprégnés (1). De nouveaux masques contenant du charbon actif retenant la chloropicrine, furent mis en place pour s'en protéger.

Durant la Première Guerre mondiale, la chloropicrine a été très peu utilisée à l'état pur, elle fut principalement employée avec d'autres toxiques (5).

Les vésicants

Le 12 juillet 1917, un nouveau type d'agent létal est introduit dans le conflit : les vésicants, avec pour chef de file la moutarde au soufre (ypérite) qui présente l'intérêt, pour l'agresseur, d'agir non seulement par la voie respiratoire, mais également par la voie cutanée. De plus, la moutarde au soufre passe à travers de nombreux matériaux, dont les tissus utilisés pour confectionner les uniformes de l'époque (1, 5, 11).

L'ypérite ou moutarde au soufre $(ClC_2H_4)_2S$

Durant la Première Guerre mondiale, de nombreuses variétés et mélanges de moutardes au soufre ont été employés.

L'ypérite, ou sulfure de 2,2-dichlorodiéthyle, tient son nom de la ville d'Ypres en Belgique à proximité de laquelle elle a été utilisée pour la première fois dans le conflit le 12 juillet 1917 (voir Dorandeu, et al. dans ce numéro).

L'ypérite est insidieuse car elle pénètre de très nombreux matériaux et la peau en quelques minutes seulement, mais les effets ne se font ressentir qu'après un temps de latence de plusieurs heures (12). De plus, l'ypérite est persistante puisqu'elle résiste à l'eau et reste active durant de nombreuses années (5). Les sols et surfaces restent donc contaminés durant de longues périodes et l'ypérite contenue dans des obus n'ayant pas explosé reste active. Les obus allemands contenant de l'ypérite étaient marqués d'une croix jaune.

L'ypérite provoque des lésions cutanées, oculaires et également pulmonaires suite à son inhalation. La cicatrisation des brûlures à l'ypérite est très lente et laisse des séquelles la plupart du temps (10). De plus, en raison de ses effets de type radiomimétique, le blessé ypérité doit donc être considéré et pris en charge comme un brûlé immunodéprimé (9, 13, 14), ce qui concourt à rendre la prise en charge médicale délicate, surtout à l'époque.

Arsines vésicantes : dichlorure d'éthylarsine ($C_2H_5AsCl_2$) et dichlorure de phénylarsine ($C_6H_5AsCl_2$)

Le dichlorure d'éthylarsine a été utilisé pour la première fois en mars 1918, tandis que le dichlorure de phénylarsine l'a été dès novembre 1917. À l'état liquide, ces arsines sternutatoires possèdent également des propriétés vésicantes (voir Renard, et al. dans ce numéro). Le dichlorure de phénylarsine possède de plus des propriétés émétisantes (11). Á la différence de l'ypérite, les phlyctènes guérissent rapidement

sans complications. Les obus allemands contenant du dichlorure d'éthylarsine étaient marqués d'une croix jaune, comme pour l'ypérite, en raison de sa propriété vésicante, mais comme cet agent était surtout utilisé dans le même plan de tirs que les suffocants, il a été chargé dans des obus croix vertes 3 (5, 11).

Les toxiques généraux

Acide cyanhydrique HCN

C'est le chimiste suédois Scheele qui a isolé l'acide cyanhydrique à l'état pur en 1783. Son mécanisme d'action toxique repose sur l'inhibition de la cytochrome oxydase mitochondriale par liaison avec le fer, inhibant ainsi la respiration cellulaire (7). Les cellules du système nerveux central sont les plus sensibles à cette anoxie. L'action toxique de ce composé est très rapide et sa gravité dépend de la quantité à laquelle le sujet est exposé et donc du taux d'inhibition de la respiration cellulaire. Le décès survient en quelques minutes selon la concentration d'exposition (5, 8).

Ce toxique est peu persistant mais pénètre de très nombreuses surfaces telles que les textiles et divers matériaux, que ce soit sous sa forme liquide ou gazeuse. Ce sont les Français qui, durant la Première Guerre mondiale, ont les premiers exploités ce composé à des fins militaires. Sa première utilisation a eu lieu sur le front de la Somme en juillet 1916 (5, 15). L'acide cyanhydrique a été utilisé sous forme de mélange avec du chlorure d'arsenic, du tétrachlorure d'étain et du chloroforme afin de l'alourdir et de rendre le nuage visible. Ce mélange portait le nom de Vincennite. Un autre mélange avec du trichlorure d'arsenic a également été employé sous le nom de Manganite. Cette association avait pour but de ralentir la décomposition de l'acide cyanhydrique et d'empêcher son inflammation lors de l'explosion des obus (5).

L'intérêt militaire de cet agent est d'agir très rapidement. Cependant, pour être efficace, ce composé doit être rapidement dispersé à de fortes concentrations. L'acide cyanhydrique a donc été assez vite remplacé car, à l'époque, il était techniquement difficile d'atteindre la concentration efficace, notamment en raison de l'inflammabilité du composé déjà mentionnée. De plus, des masques retenant ces composés ont été rapidement mis au point (8).

Chlorure de cyanogène CNCl

Le chlorure de cyanogène est un toxique général ayant une densité de vapeur (2, 13) supérieure à celle de l'acide cyanhydrique mais inférieure à celle du phosgène (5, 8). Cet agent agit également sur la cytochrome oxydase en inhibant la respiration cellulaire. Il possède de plus des propriétés suffocantes et lacrymogènes. Ainsi, ses effets sont proches de ceux de l'acide cyanhydrique combiné au phosgène (6).

Il a été parfois utilisé en mélange avec du trichlorure d'arsenic pour des raisons de stabilité. Ce mélange, nommé vitryte, avait pour but de remplacer la vincennite qui était peu efficace (5).

Bromure de cyanogène CNBr

Le bromure de cyanogène a été uniquement utilisé par les Autrichiens, seul ou en mélange avec du benzène et de la bromacétone. Cet agent est plus toxique que l'acide cyanhydrique (5).

Les agents incapacitants

Les irritants lacrymogènes

Les lacrymogènes ont été utilisés dès le début de la guerre, mais à partir de 1915 leur utilisation s'est intensifiée, notamment parce que les masques de l'époque n'offraient pas de protection satisfaisante. L'effet incapacitant des lacrymogènes a été recherché, plutôt que leur effet létal.

Une grande diversité d'irritants lacrymogènes a ainsi été utilisée lors de la Première Guerre mondiale. Leur action toxique se traduit par une irritation localisée des muqueuses de l'œil et des voies respiratoires. À l'exception de l'acroléine, les composés testés et utilisés à l'époque sont halogénés. Un classement des atomes d'halogène peut être réalisé selon le degré d'intensité de l'irritation : iode > brome > chlore > fluor. On distingue ainsi deux catégories : les cétones halogénées aliphatiques et aromatiques ainsi que les aromatiques azotés halogénés (5).

Bromacétate d'éthyle $CH_2BrCO_2C_2H_5$

Le bromoacétate d'éthyle a été utilisé dès 1914 par les Français (15), composé bien connu et maîtrisé puisqu'il était auparavant utilisé, notamment par la police, dans des grenades à main dès 1912.

Chloracétone CH_3COCH_2Cl

La chloracétone a remplacé le bromacétate d'éthyle dès avril 1915 en raison de la pénurie en brome. Elle était chargée dans les grenades Bertrand (11).

Bromacétone $BrCH_2COCH_3$

La bromacétone, surnommée B-Stoff, a été utilisée dès 1915 par les Allemands, soit pure, soit en mélange, notamment avec le bromure de xylyle, moins volatil (T-Stoff vert). Les Français l'ont utilisée en 1916 mais sous forme de mélange avec d'autres dérivés (5). La bromacétone imprègne les tissus, de sorte que la victime soustraite de la zone contaminée peut encore inhaler les vapeurs dégagées par ses vêtements (11).

Chlorure de benzyle $C_6H_5COCH_2Cl$, de xylyle $CH_3C_6H_4CH_2Cl$ et de cacodyle $(CH_3)_2AsCl$

Le chlorure de benzyle a été rapidement remplacé car il a l'inconvénient d'être peu volatil. De ce fait, il devait être pulvérisé et dispersé par de petites charges explosives. De plus, la durée d'action de cet agent était faible.

Bromure de benzyle $C_6H_5CH_2Br$ et bromure de xylyle $CH_3C_6H_4CH_2Br$

Le bromure de benzyle a été rapidement remplacé par le bromure de xylyle car le toluène nécessaire à sa

synthèse était très utilisé, notamment pour la fabrication d'explosifs nitrés. Jusqu'il y a peu, ce liquide a été utilisé par les armées françaises pour l'entraînement au port du masque de protection respiratoire dans les salles d'atmosphère viciée.

Comme déjà mentionné, le bromure de xylyle est connu sous le nom de T-Stoff chez les Allemands, le « T » faisant référence au chimiste Tappen qui a proposé son emploi. Ce toxique, très peu létal, (concentration létale = 6 000 mg/m^3), est facilement retenu par le charbon actif. Il dégage une odeur de lilas ce qui le rend détectable. Par ailleurs, sa volatilité diminue fortement avec la température (de 600 mg/m^3 à 20 °C à 140 mg/m^3 à 0 °C), ce qui a conduit les Allemands à le remplacer par la bromacétone par temps froid (5, 11).

Iodure de benzyle $C_6H_5CH_2I$ et de xylyle $CH_3C_6H_4CH_2I$

L'iodure de xylyle est un lacrymogène puissant qui a été utilisé par les Français en 1915 en opposition au bromure de xylyle et au bromure de benzyle employés par les Allemands (ils détenaient en effet le quasi-monopole du brome).

Iodacétate d'éthyle $ICH_2COOC_2H_5$ et de méthyle ICH_2COOCH_3

L'iodacétate d'éthyle était le plus souvent dilué dans de l'alcool ou en mélange avec la chloropicrine.

Acroléine ou papite CH_2CHCOH

L'acroléine, également appelée papite, du nom de Lepape qui a travaillé sur ses usages, a été utilisée par les Français en remplacement de la chloracétone en 1916 (11). La particularité de l'acroléine est que, contrairement aux principaux lacrymogènes, elle n'est pas halogénée. Elle est produite par dessiccation de la glycérine et a été principalement utilisée dans des grenades à main, son mode de dispersion le plus efficace (11). L'acroléine est peu létale dans des espaces ouverts, tandis que dans des espaces clos, la concentration létale peut être plus facilement atteinte (50 mg/m^3) (5). Son utilisation était donc surtout destinée à faire sortir l'ennemi des tranchées.

Les irritants sternutatoires

Les irritants sternutatoires sont également appelés « arsines » du fait de leur structure chimique comprenant un atome d'arsenic. Deux groupes chimiques peuvent être distingués selon leur substitution : les dérivés de la phénylarsine (aromatiques) et les dérivés de l'éthylarsine (aliphatiques). Les aromatiques sont liquides, contrairement aux aliphatiques qui sont sous forme solide (11). Le but de ces irritants sternutatoires était de traverser le masque pour exercer leur action irritante sur l'arbre respiratoire supérieur afin d'empêcher le port du masque (16). Il n'existe pas de traitement contre ces agents. Toutefois, les concentrations utilisées militairement n'étaient pas létales, celles-ci ne pouvant être atteintes que dans des enceintes confinées.

Les dérivés dichlorure et dibromure d'éthylarsine possèdent en plus des propriétés vésicantes.

Chlorure de diphénylarsine $(C_6H_5)_2AsCl$ et cyanure de diphénylarsine $(C_6H_5)_2AsCN$

Le chlorure et le cyanure de diphénylarsine, également appelés respectivement Clark I et Clark II, sont des irritants des muqueuses respiratoires et oculaires. Des effets sur le système nerveux ont pu être observés à la suite de leur inhalation avec des troubles moteurs et d'équilibre ainsi que des douleurs dans les membres. Le maximum des effets surviennent de 5 à 10 minutes après l'exposition. Le port du masque devenant très vite insupportable, les personnes exposées sont obligées de l'enlever. Pour cette raison, ces composés sont aussi connus comme des « brises-masque ». Le Clark II, insoluble dans l'eau, a remplacé le Clark I qui présente l'inconvénient de se décomposer rapidement en milieu aqueux, diminuant ainsi son efficacité. Les effets toxiques du Clark II sont les mêmes que ceux du Clark I (5).

Le chlorure de diphénylaminarsine ou adamsite $HN(C_6H_4)_2AsCl$

Le chlorure de diphénylaminarsine porte le nom d'adamsite, en référence à l'Américain Adam qui a revendiqué sa découverte en 1918. Cependant, d'un point de vue historique, l'industrie Bayer & Co avait déjà breveté son procédé d'élaboration en 1915 (5). Son emploi durant la Première Guerre mondiale reste en discussion (16). Seuls les Italiens l'auraient utilisé (5). Ses effets toxiques sont semblables à ceux des Clarks I et II. L'adamsite avait l'avantage par rapport aux Clark I et II d'être plus aisé à synthétiser et à manipuler et d'être moins coûteux. L'adamsite est resté utilisé par de nombreuses armées occidentales au cours du XX^e siècle.

Conclusion

Malgré la convention de La Haye en 1899, de nombreuses armes chimiques ont été employées durant la Première Guerre mondiale. Des gaz lacrymogènes, auparavant utilisés pour le maintien de l'ordre, ont été utilisés les premiers, notamment par les Français. La première attaque au dichlore en 1915 a marqué le réel début de l'emploi d'armes chimiques létales. Ces armes sont devenues de plus en plus performantes, tandis qu'en parallèle les moyens de protection étaient de plus en plus efficaces. Les champs de bataille sont ainsi devenus le théâtre de tests et de mise au point de nouvelles armes chimiques.

De nombreux paramètres ont conditionné le choix des toxiques, notamment leur concentration efficace ou létale, leur volatilité, leur stabilité, leur capacité à traverser les protections mises en place par le camp adverse, leur facilité et leur coût de synthèse pour pouvoir les produire en grandes quantités, leur stabilité, les moyens de dispersion possibles par obus ou grenades notamment (12).

Cet article s'est attaché à présenter la diversité des composés synthétisés et utilisés lors de la Première Guerre mondiale à travers cette liste non exhaustive.

Tableau I. Récapitulatif des principaux agents utilisés lors de la Première Guerre mondiale (1, 5, 6).

Classe	Agent	Nom de code	Date de première utilisation
Suffocants	Chlore	Bertholithe	22/4/1915
	Phosgène	Collongite	19/12/1915
	Chloropicrine	Aquinite	Fin 1916
Vésicants	Sulfure d'éthyle dichloré	Ypérite, Gaz moutarde	12/7/1917
	Dichlorure d'éthylarsine	Dick	4/1918
	Dichlorure de phénylarsine	Dick	
Toxiques généraux	Acide cyanhydrique	Forestite	7/1916
	Chlorure de cyanogène	Mauguinite, CK (GB)	
	Bromure de cyanogène		
Irritants lacrymogènes	Bromacétate d'éthyle	Macétite	8/1914
	Chloracétone	Tonite	24/4/1915
	Acroléine	Papite	1916
	Chlorure de benzyle, xylyle, cacodyle	Cedenite (chlorure de nitrobenzyle)	
	Iodure de xylyle, benzyle	Fraissite (iodure de benzyle)	
	Iodacétate d'éthyle, de méthyle	SK (GB)	
	Bromure de benzyle	Cyclite	1915
	Bromure de xylyle	T-Stoff (allemand)	1/1915
	Bromacétone	Martonite, B-Stoff (allemand)	7/1915
Irritants sternutatoires	Chlorure de diphénylarsine	Clark 1 (allemand)	11/7/1915
	Cyanure de diphénylarsine	Clark 2 (allemand)	20/5/1918
	Chlorure de diphénylaminarsine	Adamsite	

Parmi tous ces composés, certains n'ont été cependant que très peu utilisés en raison de leur moindre efficacité sur le terrain ou à cause des équipements de protection qui se développaient très rapidement. Les principaux toxiques font l'objet d'autres articles de ce numéro spécial.

L'auteure ne déclare pas de conflit d'intérêt concernant les données présentées dans cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Lepick O. La Grande Guerre chimique 1914-1918. Paris : Presses Universitaires de France ; 1998.
2. Sbrava D, ECPAD, La guerre des gaz 1915-1918 vue à travers les archives de l'ECPAD, janvier 2011. http://archives.ecpad.fr/wp-content/uploads/2011/01/guerre_des_gaz.pdf, septembre 2015.
3. Office of Environmental Health Hazard Assessment, Determination of acute reference exposure levels for airborne toxicants – Acute toxicity summary – Chlorine (Bertholite) – 1999. http://www.oehha.ca.gov/air/acute_rels/pdf/7782505a.pdf, juillet 2015.
4. Bonnard N, Brondeau M-T, Clavel T, Jargot D, Schneider O, Chlore-Fiche toxicologique – INRS. http://www.inrs.fr/publications/bdd/doc/fichetox.html?refINRS=FT%2051, juillet 2015.
5. Bélot H, Bélot M. 1915-1945 Trente ans de munitions chimiques, Tome second. Les agents de guerre chimiques, Une documentation à l'attention des artificiers ayant à éliminer les munitions anciennes. Metz : Henry Bélot, Michael Bélot ; 1994.
6. Chauhan S, Chauhan S, D'Cruz R, Faruqi, Singh KK, Varma S, et al. Chemical warfare agents. Environmental Toxicology and Pharmacology, 2008 ; 26 : 113-22.
7. Marrs TC, Maynard RL, Sidell FR. Chemical warfare agents, Toxicology and treatment. Chichester : John Wiley & Sons Ltd ; 1996.
8. WHO, Health aspects of chemical and biological weapons – Report of a WHO group of Consultants, 1970. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/39444/1/24039.pdf, juillet 2015.
9. Evison D, Hinsley D, Rice P. Chemical weapons. BMJ 324, 2002 : 332-5.
10. Fitzgerald GJ. Chemical warfare and medical response during World War I. American Journal of Public Health 98 (4), 2008:611-25.
11. Lejaille A. La guerre des gaz, http://www.guerredesgaz.fr/lesgaz/suffocants/suffocants.htm, juillet 2015.
12. Piérard G. La guerre et la médecine d'une culture de paix. 3- Synopsis des armes chimiques. FALCO janvier, 2003 : 14-18
13. Mérat S, Perez JP, Rüttimann M, Bordier E, Lienhard A, Lenoir B, Pats B. Intoxication aiguë par arme chimique vésicante : l'ypérite. Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation 22 (2), 2003 : 108-18.
14. Graham JS, Chilcott RP, Rice P, Milner SM, Hurst CG, Maliner BI. Wound healing of cutaneous sulfur mustard injuries : strategies for the development of improved therapies. J Burns Wounds, 2005 : 4 (1) 1.
15. Szinicz L, History of chemical and biological warfare agents. Toxicology 214, 2005 : 167-81.
16. Plantumara J, Bousquet A, Valéro E, Vest P, Renard C. Les arsines vomitives : toxiques chimiques toujours d'actualité ? Médecine et Armées, 39 (5), 2011 : 453-7.